Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Druckfestigkeitsuntersuchungen an manuell und maschinell kondensierten Amalgamprüfkörpern

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Christine Baron geb. Unterdörfer
aus Sigmaringen

1982

Aus der Abteilung für Zahnerhaltung
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. P. Riethe
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Druckfestigkeitsuntersuchungen an manuell und maschinell kondensierten Amalgamprüfkörpern

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Christine Baron geb. Unterdörfer
aus Sigmaringen

1982

Dekan:	Professor Dr. K. Voigt
1. Berichterstatter:	Professor Dr. R. Mayer
2. Berichterstatter:	Professor Dr. H. Wörner

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

REFO-DRUCK HANS VOGLER TÜBINGEN

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2.	LITERATURÜBERSICHT	2
3.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	9
3.1.	Material und Methode	10
3.1.1.	Herstellung der Prüfkörper	10
3.1.2.	Die Amalgame	13
3.1.3.	Die Stopfinstrumente	16
3.1.4.	Die Kondensationsmethodik	23
3.1.5.	Die Druckfestigkeitsprüfung	24
3.2.	Ergebnisse	25
3.2.1.	Die Amalgame	33
3.2.2.	Die Stopfinstrumente	33
3.2.3.	Die Kombinationseffekte	34
3.2.4.	Zur Handhabung der Stopfinstrumente	35
4.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	47
5.	ZUSAMMENFASSUNG	51
	LITERATURVERZEICHNIS	52

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts werden Silber-Zinn-Legierungen zusammen mit Quecksilber angerieben und dieses Amalgam zur Wiederherstellung kariös zerstörter Zähne verwendet. Auch heute noch ist dieser Werkstoff - inzwischen mit wesentlich verbesserten physikalischen und chemischen Eigenschaften - das am häufigsten verwendete plastische Füllungsmaterial in der konservierenden Zahnheilkunde (4,45,60).

Die Qualität einer Amalgamfüllung hängt bekanntermaßen auch wesentlich von der Verarbeitung des Werkstoffes ab. Vor allem spielt hierbei der beim Kondensieren aufgebrachte Stopfdruck eine wichtige Rolle (11,31,39,42,47,62). In diesem Zusammenhang wurden mechanische Stopfgeräte entwickelt, um die Ermüdung der menschlichen Hand als ein Unsicherheitsfaktor auszuschließen.
Wahrscheinlich hat WITZEL 1899 als erster eine "Bohrmaschine" zur Amalgamkondensation benutzt; während KARLSTRÖM vermutlich als erster das aus dem Bauwesen bekannte Rüttlerprinzip in Form eines Amalgamvibrators anwendete (20).

Vorteile des mechanischen Stopfens sollen sein (31):

- Geringer Kraftaufwand bei gleichmäßigem Druck
- Angenehmer für den Patienten
- Rascheres Erhärten der Füllungen
- Homogeneres Gefüge
- Große Druckfestigkeit
- Guter Randschluß.

Heute werden neben der manuellen Kondensation zur Amalgamverdichtung zusätzlich vibrierende, pneumatisch angetriebene und mit Ultraschall arbeitende Geräte eingesetzt. Die Beurteilung dieser unterschiedlichen Methoden ist nicht einheitlich. Deshalb wollen wir im folgenden anhand von Druckfestigkeitsuntersuchungen zu klären versuchen, ob gegebenenfalls und wenn ja, welche dieser mechanischen Methoden am ehesten die manuelle Amalgamkondensation zu ersetzen vermag.

2. LITERATURÜBERSICHT

KETTERL faßte die Aufgaben der Amalgamkondensation in drei Punkten zusammen (24):

1. Schaffung eines möglichst engen Kontaktes der mit Quecksilber benetzten Füllungspartikel.
2. Gleichmäßige Verteilung von Feilung und Quecksilber.
3. Dichter Anschluß des Materials an die Zahnhartsubstanz.

Um diese drei Punkte erfüllen zu können, fordern POTHMANN u.a., daß bei jeder Amalgamfüllung eine größtmögliche Dichte und Härte bei geringster Porosität anzustreben seien, denn darauf beruhe gleichzeitig der gewünschte enge Randschluß, sowie eine hohe mechanische und chemische Beständigkeit (38,44,56). Um diesen Forderungen nachkommen zu können, "soll die Kondensierung energisch erfolgen, um möglichst wenig poröses Material zu bekommen" (28).

In den mechanischen Stopfgeräten sieht man vor allem auch die Möglichkeit, einen fundamentalen Teil der Fülltechnik dem Zufälligen zu entziehen. So ist man seit Jahrzehnten bemüht, die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Amalgamkondensationstechniken herauszustellen (31,35,39). Hierzu werden u.a. folgende Parameter herangezogen:

1. Die Druckfestigkeit der erhärteten Amalgamfüllung.
2. Die Härte der ausgehärteten Amalgamfüllung.
3. Das Expansions- und Kontraktionsverhalten von der Trituration bis zum völligen Abbinden des Amalgams nach der Kondensation
4. Der Randschluß der Amalgamfüllung.
5. Der Grad der Porosität des Amalgams.
6. Die Zeit, die zum Legen einer Füllung benötigt wird.
7. Der Quecksilbergehalt des Amalgams nach der Trituration und der Restquecksilbergehalt nach der Kondensation.

ad 1. : Druckfestigkeit

SWEENEY untersuchte 1940 pneumatisch kondensierte Amalgamprüfkörper und kam zu Meßwerten, die einen Anstieg der Druckfestigkeit von 44% gegenüber den manuell kondensierten Prüfkörpern ergaben. Er machte jedoch keine Angaben darüber, wieviele Stunden nach der Trituration diese Messungen durchgeführt wurden (57).

1944 fand PHILLIPS eine Stunde nach der Trituration eine Druckfestigkeitssteigerung von pneumatisch kondensierten Prüfkörpern gegenüber manuell gestopften; bei Messungen nach 24 Stunden war dieser Unterschied jedoch nicht mehr feststellbar. Bei entsprechenden Untersuchungen 1947 konnte dieses Ergebnis erneut bestätigt werden (36).

RYGE u.a. erzielten durch Verwendung zweier vibrierender Stopfer eine nach 24 Stunden erhöhte Druckfestigkeit; wurde jedoch ein pneumatisches Stopfgerät eingesetzt, war dies nicht der Fall (46).

SKINNER und MIZERA erreichten mit Ultraschall zwar eine erhöhte Druckfestigkeit nach einer Stunde, jedoch nach einer Woche konnten sie keinen signifikanten Unterschied mehr zur Handkondensation feststellen (52).

REICHERT gibt bei der Kondensation mit Ultraschall eine Verringerung der Druckfestigkeit an (40). Hierbei hielten Prüfkörper, die trockener angemischt waren (Feilung : Hg[1] wie 1 : 0,9), einer größeren Belastung stand als die quecksilberhaltigeren. Da sich Zug- und Biegefestigkeit einer Füllung gleichsinnig mit der Druckfestigkeit vergrößern oder verringern, sieht er in der Verwendung von Ultraschall zum Legen von occlusal-approximalen Füllungen eine Gefährdung dieser Füllungen (43).

---

1) Hg = Quecksilber

ad 2. : Härte

Eine Zunahme der Härte gegenüber der Handkondensation erzielten einerseits HEYDEN u.a. mit dem Bergendal-Vibrator (19,51); andererseits RIETHE bei der Vibrations- und Ultraschallkondensation (41).

ROST spricht von einer signifikanten Härtesteigerung und homogeneren Härte der ultraschallgestopften Prüfkörper (44).

BARKER und WILSON fanden eine verbesserte Härte mit mechanischen Stopfern, jedoch eine geringere mit dem Ultraschallgerät (2).

ad 3. : Expansion und Kontraktion

Im Gegensatz zu RYGE u.a. (14,21,46,52,55) fanden FISCHER und MERTENSMEIER (15) eine Verdopplung der mittleren Expansionswerte bei Prüfkörpern, die mit dem Bergendal-Vibrator kondensiert wurden.

Nach MARKLEY soll durch die mechanische Kondensation die Trituration weitergeführt werden und sich damit die von ihm gefundene Kontraktion ergeben (30).

DOLDER gibt eine Kontraktion der mit dem Bergendal-Vibrator kondensierten Füllungen an und erklärt dies mit der Zertrümmerung der Feilungspartikel, die bei dieser Vibration auftritt (10). Durch das zusätzliche Auspressen von überschüssigem Quecksilber resultiere eine solch große Anfangskontraktion während des Erhärtens, daß die nachfolgende Expansion diese nicht auszugleichen vermöge (18).

REICHERT fand nach dem Erhärten von ultraschallgestopften Füllungen eine Kontraktion, wobei Füllungen, die im Verhältnis Feilung : Hg wie 1 : 1 trituriert wurden, sich stärker kontrahierten als die im Verhältnis 1 :0,9 angemischten (40).

SKINNER und MIZERA geben keinen signifikanten Unterschied im Dimensions- und Flowverhalten zwischen der Hand- und der Ultraschallstopfmethode an (52).

ad 4. : Randschluß

Dem Randschluß kommt hinsichtlich einer eventuell auftretenden Sekundärkaries große Bedeutung zu (8).

HEYDEN gibt für vibrierte Füllungen einen mangelhaften Randschluß an (19).

Mc HUGH konnte dies hingegen nicht bestätigen (23); ebensowenig wie MÜRMANN, der bei mit dem Bergendal-Vibrator gelegten Füllungen sowohl für Standalloy (Fa. Degussa, Pforzheim) als auch für zwei verschiedene Kugelamalgame einen gegenüber der Handkondensation verbesserten Randschluß fand (32).

STEINER führt die gute Randadaptation durch den Bergendal-Vibrator auf die große Anzahl an Kondensationsimpulsen zurück. Da bei der Verwendung des Ultraschallgerätes Cavitron praktisch drucklos kondensiert wird, kommt seiner Meinung nach keine Verschiebung von verdichtetem Amalgam zustande, wodurch der von ihm gefundene ungenügende Randschluß zu erklären sei (57).

ROST hingegen konnte mittels eines Profilographen die bessere Randadaptation der ultraschall- als der handgestopften Füllungen zeigen. Er betonte den wesentlich geringeren oder sogar fehlenden keilförmigen Randspalt, der für die manuell kondensierten Füllungen typisch sei (45).

ad 5. : Porosität

Auch die Australier MOUNT und MAKINSON bestätigten die gute Adaptation des Amalgams an die Kavitätenwand nach Ultraschallkondensation, bewerteten jedoch die Porosität dieser Füllungen als zu groß (33).

ROST hingegen vermochte mittels Replica-Abdrücken nachzuweisen, daß ultraschallkondensierte Füllungen porenärmer als handkondensierte seien. Vor allem sei die bei der manuellen Kondensation entstehende porenreiche oberste Schicht nicht vorhanden (44).

SCHOCH und LOEBICH zeigten in ihren Untersuchungen, daß weder durch manuelle noch durch maschinelle Kondensation völlig porenfreie Füllungen zu erzielen sind. Die Zahl der Poren läßt sich jedoch auf ein Minimum reduzieren (50).

Eine hohe Porosität ist die Folge einer unzureichenden Verdichtung des Amalgams. Mit zunehmender Porosität ist mit einer geringeren Belastbarkeit der Füllung zu rechnen (31,35,39,42).

So fanden DREYER-JØRGENSEN u.a. bei erhöhter Porosität eine herabgesetzte Druckfestigkeit (12).

REICHERT erzielte bei trocken angemischten Füllungen, die zuerst von Hand und anschließend noch mittels Ultraschall kondensiert worden waren, die geringste Porosität. Er benötigte hierzu jedoch sehr viel Zeit. Mehr Poren enthielten die ausschließlich handgestopften Füllungen. Am porenreichsten waren die feuchter angemischten, nur mit dem Cavitron-Gerät gelegten. Er führt dies auf eine zu geringe Tiefenwirkung des Ultraschalls zurück (40).

STEINER fand ebenfalls eine stark erhöhte Porosität durch die Kondensation mit Ultraschall gegenüber derjenigen mit der Hand oder mit dem Bergendal-Vibrator. Hierbei lieferten die beiden letzten gleichwertige Ergebnisse (56).

POTHMANN und FRIESE untersuchten hand-, vibrator- und ultraschallgestopfte Füllungen im Auflichtmikroskop und beurteilten die handkondensierten am besten, gefolgt von den vibrator- und ultraschallgestopften, wobei sich die Porosität der letzteren signifikant von der der handkondensierten unterschied (38).

HEYDEN stellte dem Vorteil der schnelleren Erhärtung der nach Bergendal kondensierten Füllungen den Nachteil ihres gröberen Gefüges gegenüber (19).

MÖRMANN konnte mit der Anwendung des Bergendal-Vibrators keine Verringerung der Porenzahl sowohl beim Standalloy (Fa.Degussa, Pforzheim) als auch bei einem Kugelamalgam erreichen (32).

ad 6. : Zeit

BERGENDAL vertritt in der Beschreibung zu seinem Vibrator die Meinung:"Man kann sowohl mit manuellem als auch mit maschinellem Stopfen gute Resultate erreichen, aber maschinelles Stopfen erspart Zeit und Mühe und erhöht dadurch die Erfolgssicherheit"(3).

ROST benötigte für das Legen einer einflächigen Phantomfüllung mit dem Ultraschallgerät zwei Minuten und mit der Hand drei. Über die vibrierten Füllungen sagt er:"Zwar ist der Zeitaufwand für das Fertigen einer solchen Füllung hoch, doch hat man den Vorteil, quecksilberärmere Mischungen fester kondensieren zu können"(44).

ad 7. : Quecksilbergehalt

Die Angaben zum Verhältnis Feilung : Quecksilber sind in der Literatur einheitlicher als die oben aufgeführten Ergebnisse. Es wird zu jeder maschinellen Amalgamkondensation quecksilberarm angemischtes oder in einem Leinenlappen ausgepreßtes Amalgam gefordert.

ROST u.a. betonen, daß bei der Ultraschallkondensation so quecksilberarmes Amalgam als möglich verwendet werden soll und fanden damit keine Kontraktion ihrer Füllungen (40,44,52).

Für den vibrierenden Stopfer fordern BERGENDAL u.a. ein im Leinenlappen mit der Flachzange ausgepreßtes Amalgam. Dieser Vorgang wird als die erste Kondensation bezeichnet. Damit wird von der Empfehlung, das Amalgam nicht zu trocken anzumischen, im Falle der mechanischen Kondensation abgegangen (3,11,27).

RYGE u.a. stellten keinen Zusammenhang zwischen den mechanischen Eigenschaften der vibrierten Füllungen und dem Anfangsgehalt an Quecksilber des Amalgams fest (46).

WANN u.a. sehen die trockene Anmischmethode für die manuelle wie auch für die maschinelle Kondensation als die beste an. Einen höheren Quecksilberrestgehalt als 43% halten sie weder für notwendig noch für wünschenswert (1,35,61).

GRANATH und NYQUIST erhielten bei der Ultraschallkondensation eine eindeutige Senkung des Quecksilberrestgehaltes. Im Versuch über das Dimensionsverhalten zeigten die Prüfkörper einer Amalgamsorte eine starke Kontraktion nach 24 Stunden. Sie schlossen daraus, daß nicht alle Legierungen gleich gut für die Ultraschallkondensation geeignet seien (17).

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

DREYER-JØRGENSEN sagt zu den mechanischen Eigenschaften zahnärztlicher Amalgame, daß "Eigenschaften wie Härte, Druck-, Biege- und Zugfestigkeit gut miteinander korreliert sind und daher als Ausdruck für die maximale Festigkeit des Amalgams benutzt werden können"(11). In den folgenden Untersuchungen wurde die Druckfestigkeit als ein Parameter für die mechanischen Eigenschaften der Amalgame verwendet.

Die Druckfestigkeit hängt hauptsächlich von drei Faktoren ab:

1. Den mechanischen Eigenschaften des Alloys.
2. Der Anzahl der Reaktionsphasen, besonders der relativ schwachen gamma-2-Phase.
3. Der Porosität.
   Die Porosität ist ein sehr wichtiger Faktor (11,31,35,39,42). Eine Erhöhung der Porosität um 1% in einer Amalgamfüllung führt zu einer Verminderung der Druckfestigkeit um 10%. Außerdem ist die Porosität proportional zu dem Creepverhalten eines Amalgams.

Ein weiterer Gesichtspunkt, die Druckfestigkeit als Prüfkriterium für die Qualität eines Amalgamprüfkörpers zu verwenden, ist ihre Reproduzierbarkeit und Normierbarkeit im Laborversuch. Außerdem sind durch die FDI-Spezifikation und die DIN 13904 genaue Versuchsanleitungen und geforderte Minimalwerte angegeben, so daß die Versuchsergebnisse mit denen anderer Autoren verglichen werden können.

So sollen in der folgenden Versuchsreihe anhand der Druckfestigkeit von Prüfkörpern verschiedene maschinelle Kondensationsmethoden der Handstopftechnik gegenüber gestellt werden. Zudem werden dieselben Versuchsbedingungen bei verschiedenen Alloyfabrikaten angewendet.

3.1. Material und Methode

Es wurden folgende, nach Angabe des Dentalhandels sehr häufig benutzte Alloyfabrikate untersucht:

1. Standalloy F (Fa. Degussa, Pforzheim)
2. Luxalloy non-gamma-2 (Fa. Degussa, Pforzheim)
3. Amalcap non-gamma-2 (Fa. Vivadent, Schaan/Liechtenstein)
4. Dispersalloy (Fa. Johnson & Johnson GmbH, Norderstedt)

Mit diesen Alloyfabrikaten wurden folgende maschinelle Kondensationsmethoden und die Handkondensation einander gegenüber gestellt:

1. Der Intra-Amalgamvibrator (Fa. Kaltenbach & Voigt, Biberach)
2. Die Speedomatic (Fa. Borident, Walwijk/Niederlande)
3. Das Cavitron 600 (Fa. De trey, Wiesbaden)
4. Die Piezomatic p2 (Fa. Suprasson, München)

Pro Stopfmethode und Amalgamsorte wurden von zwei verschiedenen Personen je fünf Prüfkörper nach derselben Art der Vorgehens hergestellt. Damit sollte in den Versuchsreihen gewährleistet sein, daß die Ergebnisse nicht von individuellen Faktoren abhingen.

3.1.1. Herstellung der Prüfkörper

Eine Amalgamsorte lag in Kapselform vor, d.h. hier waren Alloy und Quecksilber schon vordosiert. Für die übrigen Amalgame wurde das Quecksilber einem Dosierautomaten entnommen, und die Alloymenge dem Mischungsverhältnis entsprechend auf einer Präzisionswaage, deren Genauigkeitsgrenze bei 0,1 mg liegt, abgewogen. Anschließend wurden Alloy und Quecksilber in eine Anmischkapsel des Dentomaten (Fa.Degussa, Pforzheim) gegeben und entsprechend der vom Hersteller angegebenen Zeit trituriert. Der Dentomat ist ein Amalgammischer, dessen Mischrohr mit einer Frequenz von 2800/min schwingt. Die von den Amalgamherstellern angegebenen Anmischzeiten waren jeweils auf den Dentomaten bezogen.

Nach FRICKER stellen 30 Sekunden die Mindesttriturationszeit für den Dentomaten dar, um die maximale Druckfestigkeit zu erreichen (16).
Da nach der Trituration normalerweise auch im Anmischrohr etwas Amalgam zurückbleibt, wurde dieses verschlossen, so daß aus der aufgeschraubten Anmischkapsel nichts entweichen konnte und die folgende Portion beim Anmischen durch solche Reste nicht in ihrem Mischverhältnis verändert wurde. Vor jedem erneuten Anmischvorgang wurde die Kapsel mit Hilfe eines feinen Pinsels von Alloy- und Amalgamresten gereinigt.

Zur Trituration des Kapselamalgams wurden die Kapseln geknackt und sofort nach angegebener Anmischdauer im Silamat (Fa. Vivadent, Schaan / Liechtenstein) trituriert. Der Silamat ist das Anmischgerät für vordosierte Kapseln und schwingt mit einer Frequenz von 3000/min.

Das fertig angemischte Amalgam wurde nie mit den Fingern berührt. Es wurde nach der Trituration in ein Dappenglas gegeben und von hier mit einer Amalgampistole in die Hohlform einer Stahlmatrize gefüllt.

Die Amalgampistole ließ mittels einer Schraube eine individuelle Regelung der Portionsgröße zu. In Vorversuchen erwiesen sich mehrere kleinere Portionen als günstiger und ergaben homogenere Prüfkörper. Bei der gewählten Portionsgröße wurden für einen Prüfkörper neun Portionen benötigt (1,31,39).

Die Stahlmatrize, die die Hohlform für die Prüfkörper vorgab, ließ sich in drei Teile zerlegen. Die Ausmaße der zylindrichen Hohlform betrugen 10 mm in der Höhe und 4 mm im Durchmesser. Als Stopfunterlage diente eine glatte, polierte Metallplatte.

Abb. 1a : Die Stahlmatrize

Abb. 1b : Die zerlegte Stahlmatrize mit zwei Prüfkörpern

Das Einbringen der Portionen in die Hohlform führte ein Helfer aus, so daß durch das sonst nötige häufige Instrumentenwechseln keine Zeit verloren ging und das Amalgam während der gesamten Verarbeitungszeit noch gut plastisch war (35,39).

Danach wurde der Prüfkörper aus der Stahlmatrize herausgenommen, mit einem feinen Haarpinsel von abgepreßtem Quecksilber gereinigt und in einen Wärmeschrank mit 37°C gelegt.

Nach einem Tag wurden die 10 mm hohen, zylindrischen Prüfkörper mit Sandpapier der Körnung P 400 senkrecht zu ihrer Längsachse auf eine Länge von 8 mm plan geschliffen. Dies entspricht dem Vorgehen des Überstopfens einer Amalgamfüllung und dem Abtragen der obersten Schicht beim anschließenden Schnitzen (31,35,39,42, 47).

Hierauf verblieben die Prüfkörper weitere sechs Tage im Wärmeschrank.

3.1.2. Die Amalgame

Die verwendeten Amalgamsorten unterscheiden sich bezüglich ihrer Partikelform und -größe, bezüglich der Zusammensetzung und bezüglich des Quecksilber-Alloy-Mischungsverhältnisses.
Sie entsprechen jedoch alle der DIN 13904, die eine Druckfestigkeit von 60 N/mm^2 nach 24 Stunden, einen Höchstwert von 3% für den Creep und keine größere Längenänderung als -10µm bis +20µm vorgibt.

Es wurde jeweils nur Alloy einer Charge verwendet.

Zum Anmischen der Amalgame wurde Degussa-Dental-Quecksilber genommen, das einen Reinheitsgrad von 99,99% - 99,999% aufweist.

1. Standalloy F

Standalloy F ist ein feinspaniges Silberamalgam, dessen einzelne Feilungspartikel eine maximale Spandicke von 37 µm haben. Es enthält 70% Silber, ist zinkfrei und aktiviert, d.h., es ist voramalgamiert und enthält damit maximal 3% Quecksilber. Es beginnt fünf Minuten nach dem Anmischen abzubinden und gehört mit einer Verarbeitungsbreite von 10 - 13 Minuten zu den quick-setting Amalgamen.

Wie bereits erwähnt, wird für die mechanische Amalgamkondensation eine trockenere Anmischung gefordert. REICHERT verglich eine Anmischung von Hg : Feilung wie 0,9 : 1 mit 1 : 1 bei Ultraschallkondensation und erzielte mit der trockeneren die besseren Ergebnisse (39).

In Vorversuchen mit noch trockeneren Anmischverhältnissen zeigten diese keine Steigerung in den Druckfestigkeitswerten, waren aber inhomogen und porös (35). Auch ließ sich die Anmischung 0,9:1 noch sehr gut manuell kondensieren.

Die Anmischdauer im Dentomaten wurde wie vorgeschrieben bei 30 Sekunden gewählt.

2. Luxalloy-non-gamma-2

Luxalloy-non-gamma-2 ist eine Silberlegierung mit 70% Silber und ist ohne Zinkgehalt. Es ist zusammengesetzt aus einer fein verteilten Mischung von Silber-Zinn-Feilung und extrem kleinen Kugeln einer Silber-Kupfer-Legierung (72% Silber, 28% Kupfer). Luxalloy gehört zu den quick-setting Amalgamen.

KROPP u.a. erläutern den Vorteil der gamma-2-freien Amalgame (7,27,47,49) :
Gamma-2-frei bedeutet, daß die γ_2-Phase Sn_8Hg beim Abbinden des Amalgams nicht entsteht, da diese Phase durch η' ersetzt wird. η' ist die Verbindung des Zinns mit Kupfer Cu_6Sn_5. Solche Amalgame zeigen eine höhere Festigkeit und sind korrosionschemisch edler.

Das angegebene Mischverhältnis von Hg : Feilung wie 1,2 : 1 wurde eingehalten und vor der Kondensation mit den maschinellen Geräten kein Quecksilber abgepreßt. Dies sollte

dann als sehr feuchte Mischung mit den Werten der Prüfkörper aus Amalcap verglichen werden, welches die erste Kondensation erfuhr (11).

Während des Stopfens trat hier jedoch an der Oberfläche überschüssiges Quecksilber von mehr als 1/4 mm auf, so daß dies jeweils entfernt werden mußte (31,35,39).

3. Amalcap-non-gamma-2
Amalcap-non-gamma-2 enthält in einer Kapsel Degussa-Luxalloy-non-gamma-2 und Degussa-Dental-Quecksilber im Verhältnis 1 : 1,2.

Für einen Prüfkörper mußten zwei Kapseln angemischt werden. Vor der Kondensation wurden die beiden Portionen zusammen in ein Leinenläppchen gewickelt und mit einer Flachzange zweimal kräftig ausgepreßt. Nach RYGE wird dabei eine Kraft von bis zu 6 kg aufgewendet (46).

Die Triturationsdauer für den Silamaten betrug 5 Sekunden.

4. Dispersalloy
Dispersalloy ist ein zinkhaltiges Silberamalgam. Es zählt ebenfalls zu den gamma-2-freien Legierungen und besteht aus 2/3 Feilung und 1/3 sphärischen Silber-Kupfer-Kugeln, und ist somit ein blended alloy (48).

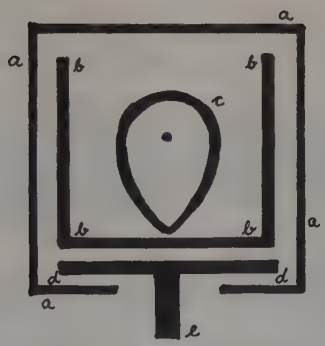
Dispersalloy wurde mit Quecksilber 1 : 1 im Dentomaten 40 Sekunden lang trituriert.

3.1.3. Die Stopfinstrumente

1. Handkondensation
   Zur manuellen Kondensation wurde ein planer, runder Stopfer mit einem Durchmesser von 2,5 mm verwendet. Diese Form wird als die effektivste bezeichnet (11,39).

Abb. 2 : Der plane Stopfer zur Handkondensation

2. Der Intra-Amalgamvibrator 66F
   Der Vibrator ist ein Ansatz auf das zahnärztliche Winkelstück und wurde in Anlehnung an den Bergendal-Vibrator entwickelt. Er wird auch als Stopfhammer bezeichnet (20).



Skizze : Schematischer Querschnitt durch den Amalgamvibrator. In dem Vibratorkopf a befinden sich ein Kolben b und ein rotierender Excenter c. Wenn der Stopfeinsatz mit dem Amalgam in Berührung kommt, wird die Fußplatte d der Stopfeinsatzhalterung e auf den Kolben gedrückt, und dieser wiederum erhält durch seine Berührung mit dem Excenter Vibrationsstöße, die auf das Amalgam übertragen werden (3).

Die maximale Vibrationsfrequenz liegt bei 2000/min. Sie ist abhängig von der Drehzahl der Bohrmaschine. Auf Grund von Angaben befragter Zahnärzte wurde langsamdrehend gearbeitet.

Der verwendete Arbeitseinsatz - hier plan, zylindrisch und 2,1 mm im Durchmesser - wird von einer verschiebbaren Metallspange in der Stopfeinsatzhalterung gehalten.

3. Die Kombinationsmethode

Hier wurde jede Amalgamportion mit der Hand kondensiert und anschließend noch mit dem KaVo-Amalgamvibrator.
REICHERT gab eine Verbesserung der Druckfestigkeit an, wenn statt lediglich mit Ultraschall zusätzlich manuell kondensiert wird. Diese Füllungen zeigten annähernd ebenso gute Ergebnisse wie die rein manuell kondensierten, verlangten aber einen erhöhten Zeitaufwand (40).

In dieser Versuchsreihe soll untersucht werden, ob sich durch die Kombination von Vibrator und Handstopfer eine Verbesserung erreichen läßt, die den auch hier erhöhten Zeitaufwand rechtfertigt.

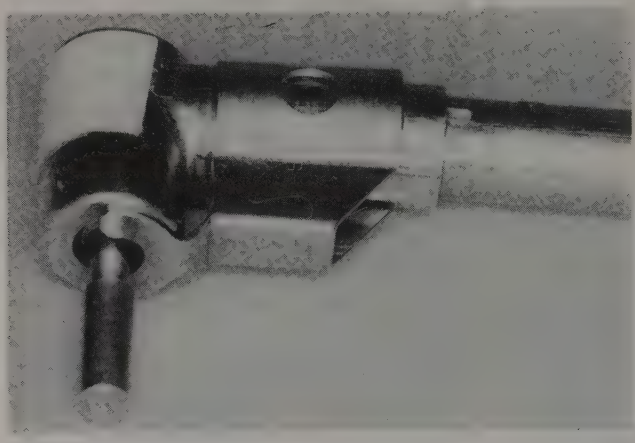


Abb. 3 : Der Intra-Amalgamvibrator 66F mit eingesetzter Arbeitsspitze.

4. Die Speedomatic

Die Speedomatic ist ein pneumatisches Stopfgerät. In einem Aggregat werden Luftpulsionen erzeugt, die das Gerät mit einer Frequenz von bis zu 1700/min arbeiten lassen. Damit ist die Speedomatic niederfrequent.

Die hämmernden Impulse erfolgen, wenn das Arbeitsende mit 40 - 60 g in vertikaler Richtung auf die zu kondensierende Masse gedrückt wird. Am Arbeitsende sind gleichzeitig drei verschiedene Arbeitsspitzen, so daß ohne Zeitaufwand die Größe des Stopfers gewechselt werden kann (34).

Für diese Untersuchungen wurde der plane, zylindrische Stopfeinsatz mit 1,8 mm Durchmesser benutzt.

Das Aggregat läßt eine freie Wahl der Amplitude und der Frequenz der Stopfimpulse zu. In Vorversuchen zeigte sich, daß die Amplitude beinahe keine Auswirkung auf die Ergebnisse hat, so daß sie auf die Mitte des Wahlbereiches eingestellt

wurde. Zur Einstellung der Frequenz, die von 100 - 1700/min reicht, wurden von zwei Amalgamsorten je zehn Prüfkörper für einen sehr neidrigen, einen mittleren und einen hohen Wert hergestellt. Die Auswertung dieser Vorversuche zeigt Tabelle 1. Hierbei ist deutlich erkennbar, daß die mittlere Frequenz die besten Ergebnisse liefert, und daher wurden alle weiteren Prüfkörper mit dieser Frequenzeinstellung kondensiert.

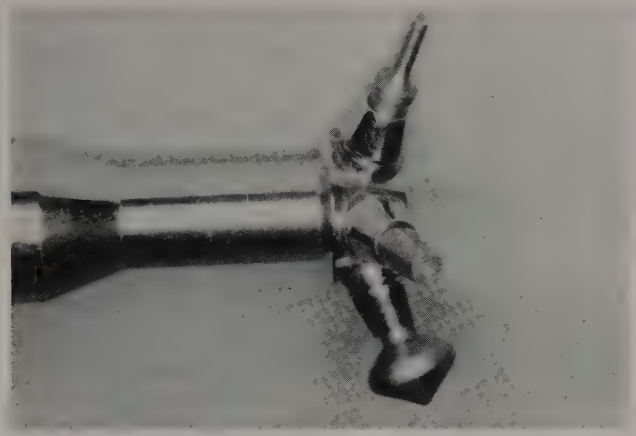


Abb. 4 : Das Speedomatic-Handstück mit drei verschiedenen Arbeitseinsätzen.

Speedomatic

Amalcap:

Frequenz:	niedrig	mittel	hoch
	533,0 N/mm^2	537,0 N/mm^2	529,0 N/mm^2
	523,0 "	537,0 "	528,0 "
	517,0 "	536,0 "	526,0 "
	514,0 "	525,0 "	519,0 "
	506,0 "	517,0 "	510,0 "
	495,0 "	515,0 "	507,0 "
	493,0 "	515,0 "	506,0 "
	476,0 "	502,0 "	503,0 "
	472,0 "	501,0 "	490,0 "
	436,0 "	486,0 "	482,0 "
Mittelwert:	496,5 "	517,1 "	510,0 "
Mittelwert:	496,5 N/mm^2	517,1 N/mm^2	510,0 N/mm^2

Standalloy F:

Frequenz:	niedrig	mittel	hoch
	418,0 N/mm^2	414,0 N/mm^2	406,0 N/mm^2
	413,0 "	413,0 "	405,0 "
	410,0 "	410,0 "	394,0 "
	408,0 "	408,0 "	392,0 "
	406,0 "	407,0 "	390,0 "
	404,0 "	402,0 "	389,0 "
	394,0 "	400,0 "	387,0 "
	392,0 "	396,0 "	384,0 "
	390,0 "	392,0 "	381,0 "
	377,0 "	382,0 "	379,0 "
Mittelwert:	401,2 N/mm^2	402,4 N/mm^2	390,0 N/mm^2

5. Das Cavitron 600

Das Cavitron besteht aus einem Kontrollkasten und einem Handstück, in welches verschiedene Arbeitsansätze eingesteckt werden können. Hier wurde der Einsatz PA 36 verwendet, der ein planes, zylindrisches Arbeitsende mit 2,4 mm Durchmesser hat.

Die Arbeitsweise dieses Ultraschallgerätes: Die Netzspannung des normalen Haushaltsstromes von 220 V mit 50 Hz wird durch einen Generator in eine Niederspannung mit 25000 Hz umgewandelt. Diese Frequenz wird über das Handstück in mechanische Schwingungen verwandelt, welche die Instrumentenspitze um 25 µm in Längsrichtung vor- und rückwärts bewegen.

Am Instrumentenkasten läßt sich die Frequenz von schwach über mittel nach stark regulieren. Der Bedienungsanleitung entsprechend wurde für die Amalgamkondensation mit dem Einsatz PA 36 die mittlere Arbeitsstufe gewählt.

Das Handstück benötigt ständige Wasserkühlung. Damit bei der Amalgamkondensation das Arbeitsfeld aber immer trocken bleibt, wurde das Kühlwasser über einen Metallansatz und einen Plastikschlauch abgeführt.

Abb.5 : Das Cavitron-Handstück mit dem Einsatz PA 36.

6. Die Piezomatic p2

Die Piezomatic ist ebenfalls ein Ultraschall-Gerät. Auch hier läßt sich an einem Kontrollkasten die Frequenz von 1 bis 10 regulieren. Zur Amalgamkondensation wird die Stufe 1 empfohlen. Stufe 10 entspricht 32000 Hz.

Es wurde mit einem planen, zylindrischen Einsatz mit einem Durchmesser von 2,2 mm kondensiert. Der Stopfeinsatz wird auf das zur Amalgamkondensation bestimmte Handstück aufgeschraubt. Dieses Handstück benötigt keine Wasserkühlung,

Im Gegensatz zum Cavitron schwingt hier der Amalgamstopfer nicht vertikal, sondern horizontal; das heißt also, daß auf die Amalgamportion keine vertikale Kraft ausgeübt wird außer derjenigen geringen, mit der das Handstück in Kontakt zur Füllung gebracht wird. Den Angaben des Herstellers zufolge soll dadurch eine besonders gute Adaptation an die Kavitätenwand erzielt werden.

Beide Ultraschall-Geräte werden mit einem Fußschalter bedient. Der Vibrator und der pneumatische Stopfer beginnen zu arbeiten, wenn sie mit dem jeweils nötigen Druck mit dem Amalgam in Berührung gebracht werden.

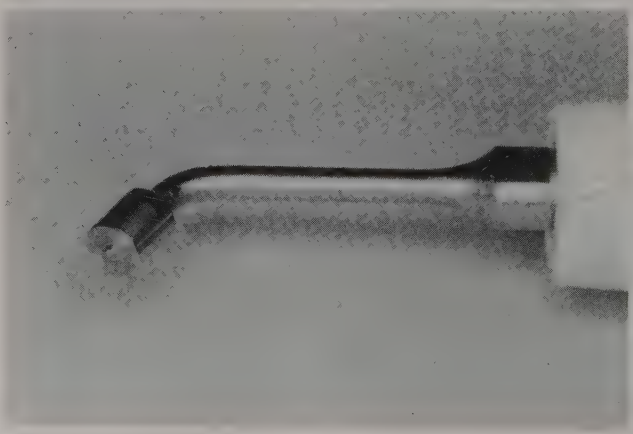


Abb. 6 : Das Piezomatic-Handstück mit dem Kondensationseinsatz.

3.1.4. Die Kondensationsmethodik

Für alle sechs verschiedene Methoden wurde das Stopfende so gewählt, daß der Durchmesser etwas größer war, als der Radius der Zylinderform. Jeder Stopfimpuls überlappte mit der Kondensationsfläche des vorausgegangenen, womit gewährleistet war, daß die gesamte Fläche einer Portion kondensiert wurde.
Pro Amalgamportion wurde die Fläche zweimal auf diese Weise gestopft, was insgesamt 16 Stopfimpulse bedeutete.

Abweichend von Beschreibungen anderer Autoren wurden die beim manuellen Stopfen aufgewandten Kräfte nicht jedesmal mit einer Federwaage kontrolliert. Der Stopfdruck lag jedoch bei den geforderten und dem Patienten zumutbaren Werten von 10 N/F bis 50 N/F (F=Arbeitsfläche des Stopfers). Damit war auch die Forderung erfüllt, "daß einem nach dem Stopfen die Hand weh tun müsse " (20,31,39).

Deshalb wurden an einem Tag nicht mehr als fünf manuell kondensierte Prüfkörper hergestellt, um eine gleichbleibende Qualität zu gewährleisten,und die Beeinflussung der Meßergebnisse durch die Ermüdung der Hand auszuschalten.

Bei der maschinellen Kondensation entfiel der Ermüdungsfaktor, da hier mit Stopfkräften von bis zu 250 g bei Ultraschall (52), 40 - 200 g bei pneumatischer Kondensation (Gebrauchsanweisung der Speedomatic) und ebenfalls einigen 100 g beim Vibrator (11) gearbeitet wird.

3.1.5. Die Druckfestigkeitsprüfung

Die Druckfestigkeit wurde mit der Zugprüfmaschine 1381 mit elektrischer Kraftmessung der Fa. Zwick u. Co. (Zürich/Schweiz) gemessen.

Der senkrecht zu seiner Längsachse plangeschliffene Probekörper wurde zwischen zwei Metalldruckplatten gestellt, die sich mit einer Geschwindigkeit von 0,5 mm/min aufeinander zubewegten. Die auf den Amalgamzylinder ausgeübte Kraft wurde in kp auf einer Skale angezeigt. Ein Schleppzeiger hielt die größte Belastung des Prüfkörpers fest, bevor dieser nach dem Modell des Rutschkegels zerbrach (25).

Da die Druckfestigkeit in N/mm^2 angegeben wird, mußte die abgelesene Kraft (kp) pro Zylinderstirnfläche noch umgerechnet werden. Dazu wurde von 10 Amalgamzylindern mit einer Mikrometerschraube der Radius bestimmt und davon der Mittelwert errechnet. Dieser wich von dem Radius der Stahlmatrize etwas ab, da die Prüfkörper expandiert waren.

Der Umrechnungsfaktor:

$$\frac{1\ kp}{Zylinderfläche} = \frac{9{,}81\ N}{\pi \times r^2} = \frac{9{,}81\ N}{\pi \times (2{,}045)^2 mm^2} = 0{,}7467\ N/mm^2$$

3.2. Ergebnisse

Die gemessenen Druckfestigkeitswerte wurden in einer zweifachen Varianzanalyse ausgewertet.

Als ein Faktor ging die Stopfmethode und als der andere Faktor die Amalgamsorte in die Berechnung ein.

Außerdem wurden 95% Scheffé-Konfidenz-Intervalle verwendet.

Die ermittelten Druckfestigkeitswerte sind in den Tabellen 2 bis 7 aufgeführt. In einer Tabelle sind jeweils die Druckfestigkeitsmessungen einer Stopfmethode für alle vier Amalgame zusammengestellt.

Tabelle 8 faßt die Mittelwerte $\bar{x}$, die Standardabweichungen s_{n-1} und die Ergebnisse der zweifachen Varianzanalyse zusammen.

In den Zeilen sind die Kondensationsgeräte und in den Spalten die Amalgamsorten abgetragen. Die Zeilenmittelwerte geben den Mittelwert aus allen Meßwerten einer Kondensationsmethode an. Entsprechend sind die Spaltenmittelwerte aus allen Druckfestigkeitswerten eines Amalgams ermittelt.

HANDKONDENSATION

Standalloy F	Amalcap	Luxalloy	Dispersalloy
393,0 N/mm^2	519,0 N/mm^2	446,0 N/mm^2	544,0 N/mm^2
390,0 "	517,0 "	440,0 "	538,0 "
378,0 "	517,0 "	418,0 "	517,0 "
374,0 "	509,0 "	400,0 "	496,0 "
370,0 "	509,0 "	395,0 "	469,0 "
369,0 "	505,0 "	385,0 "	463,0 "
368,0 "	500,0 "	381,0 "	462,0 "
364,0 "	495,0 "	373,0 "	448,0 "
355,0 "	493,0 "	366,0 "	433,0 "
343,0 "	488,0 "	342,0 "	415,0 "

Tabelle 2

AMALGAMVIBRATOR

Standalloy F	Amalcap	Luxalloy	Dispersalloy
406,0 N/mm^2	520,0 N/mm^2	421,0 N/mm^2	467,0 N/mm^2
399,0 "	510,0 "	405,0 "	462,0 "
399,0 "	506,0 "	398,0 "	460,0 "
397,0 "	506,0 "	396,0 "	454,0 "
396,0 "	503,0 "	390,0 "	450,0 "
381,0 "	496,0 "	379,0 "	448,0 "
373,0 "	496,0 "	357,0 "	448,0 "
372,0 "	492,0 "	350,0 "	439,0 "
370,0 "	473,0 "	327,0 "	434,0 "
364,0 "	472,0 "	302,0 "	352,0 "

Tabelle 3

HANDKONDENSATION & AMALGAMVIBRATOR

Standalloy F	Amalcap	Luxalloy	Dispersalloy
399,0 N/mm^2	521,0 N/mm^2	362,0 N/mm^2	480,0 N/mm^2
391,0 "	513,0 "	359,0 "	458,0 "
391,0 "	503,0 "	355,0 "	443,0 "
387,0 "	478,0 "	349,0 "	424,0 "
381,0 "	474,0 "	341,0 "	390,0 "
381,0 "	469,0 "	340,0 "	317,0 "
378,0 "	402,0 "	339,0 "	297,0 "
374,0 "	380,0 "	338,0 "	285,0 "
368,0 "	355,0 "	337,0 "	284,0 "
338,0 "	333,0 "	336,0 "	283,0 "

Tabelle 4

SPEEDOMATIC, mittlere Frequenz

Standalloy F	Amalcap	Luxalloy	Dispersalloy
414,0 N/mm^2	537,0 N/mm^2	437,0 N/mm^2	559,0 N/mm^2
413,0 "	537,0 "	431,0 "	559,0 "
410,0 "	536,0 "	426,0 "	546,0 "
408,0 "	525,0 "	417,0 "	535,0 "
407,0 "	517,0 "	412,0 "	532,0 "
402,0 "	515,0 "	403,0 "	521,0 "
400,0 "	515,0 "	394,0 "	517,0 "
396,0 "	502,0 "	390,0 "	511,0 "
392,0 "	501,0 "	371,0 "	500,0 "
382,0 "	486,0 "	368,0 "	422,0 "

Tabelle 5

CAVITRON 600

Standalloy F	Amalcap	Luxalloy	Dispersalloy
392,0 N/mm^2	474,0 N/mm^2	395,0 N/mm^2	492,0 N/mm^2
384,0 "	473,0 "	386,0 "	483,0 "
382,0 "	466,0 "	368,0 "	477,0 "
381,0 "	450,0 "	362,0 "	474,0 "
378,0 "	399,0 "	359,0 "	458,0 "
374,0 "	376,0 "	354,0 "	415,0 "
367,0 "	375,0 "	330,0 "	383,0 "
349,0 "	369,0 "	329,0 "	369,0 "
348,0 "	325,0 "	324,0 "	365,0 "
337,0 "	271,0 "	293,0 "	315,0 "

Tabelle 6

PIEZOMATIC p2

Standalloy F	Amalcap	Luxalloy	Dispersalloy
343,0 N/mm^2	353,0 N/mm^2	393,0 N/mm^2	434,0 N/mm^2
322,0 "	348,0 "	390,0 "	412,0 "
303,0 "	342,0 "	348,0 "	355,0 "
299,0 "	333,0 "	315,0 "	329,0 "
296,0 "	315,0 "	304,0 "	302,0 "
281,0 "	315,0 "	279,0 "	300,0 "
274,0 "	262,0 "	278,0 "	287,0 "
271,0 "	248,0 "	266,0 "	285,0 "
227,0 "	233,0 "	260,0 "	274,0 "
216,0 "	212,0 "	227,0 "	216,0 "

Tabelle 7

Mittelwerte $\bar{x}$ (N/mm^2) und Standardabweichungen s_{n-1}

		Stand.F	Amalcap	Luxalloy	Dispers.	Zeilen-MW
Handkondensation	$\bar{x}$	370,400	505,200	394,600	478,500	437,175
	s_{n-1}	14,916	10,922	32,674	43,785	
Amalgamvibrator	$\bar{x}$	385,700	497,400	372,500	441,400	424,250
	s_{n-1}	15,232	15,357	37,633	32,996	
Handkondensation & Amalgamvibrator	$\bar{x}$	378,800	442,800	345,600	366,100	383,325
	s_{n-1}	16,956	69,073	9,823	80,736	
Speedomatic	$\bar{x}$	402,400	517,100	404,900	520,200	461,150
	s_{n-1}	10,157	17,240	24,058	39,696	
Cavitron	$\bar{x}$	369,200	397,800	350,000	423,100	385,025
	s_{n-1}	18,384	68,347	31,005	62,602	
Piezomatic	$\bar{x}$	283,200	296,100	306,000	319,400	301,175
	s_{n-1}	39,157	52,329	55,722	65,602	
Spalten-MW		364,950	442,733	362,267	424,783	

Tabelle 8

Varianzanalyse:

Zeileneffekt : F = 72,934 P 0,001
Spalteneffekt : F = 58,074 P 0,001
Wechselwirkung : F = 5,407 P 0,001
Geschätzte Standardabweichung : 41,850
Scheffézahl für : Zeilen : 31,429
Spalten : 21,529
Zellen : 94,870

3.2.1. Die Amalgame

Der Spalteneffekt gibt einen P-Wert kleiner als 0,001 an, so daß sich nach Auswertung der Scheffé-Konfidenz-Intervalle zwischen den vier Amalgamen hochsignifikante Unterschiede ergeben.
Im einzelnen ergeben sich folgende Signifikanzen:

1. Standalloy F:
   Hochsignifikant schlechter als Amalcap-non-gamma-2 und als Dispersalloy.
2. Amalcap-non-gamma-2:
   Hochsignifikant besser als Standalloy F und als Luxalloy-non-gamma-2.
3. Luxalloy-non-gamma-2:
   Hochsignifikant schlechter als Amalcap-non-gamma-2 und als Dispersalloy.
4. Dispersalloy:
   Hochsignifikant besser als Standalloy F und als Luxalloy-non-gamma-2.

3.2.2. Die Stopfinstrumente

Auch der Zeileneffekt ergibt, daß zum Teil hochsignifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Kondensationsmethoden bestehen.
Nach Anwendung der Scheffé-Konfidenz-Intervalle ergibt sich folgendes:

1. Handkondensation:
   Hochsignifikant besser als das Cavitron 600 und als die Piezomatic p2.
2. Intra-Amalgamvibrator 66F:
   Hochsignifikant besser als die Kombinationsmethode, als das Cavitron 600 und als die Piezomatic p2.
3. Kombination Handkondensation/Amalgamvibrator:
   Hochsignifikant besser als die Piezomatic p2.
   Hochsignifikant schlechter als die Handkondensation, als der Amalgamvibrator und als die Speedomatic.

4. Speedomatic:
   Hochsignifikant besser als der Amalgamvibrator, als das kombinierte Verfahren, als das Cavitron 600 und als die Piezomatic p2.
5. Cavitron 600:
   Hochsignifikant besser als die Piezomatic p2.
   Hochsignifikant schlechter als die Handkondensation, als der Amalgamvibrator und als die Speedomatic.

3.2.3. Die Kombinationseffekte

Zur Frage, ob die Kombination einer Amalgamsorte mit einer bestimmten Kondensationsmethode besonders zu empfehlen ist, gibt die Wechselwirkung der Varianzanalyse Antwort. Sie sagt, daß zwischen einzelnen Kombinationen hochsignifikante Unterschiede bestehen, die jedoch die Ergebnisse des Spalten- und des Zeileneffektes widergeben.

1. Die Kombination von Amalcap-non-gamma-2 mit der manuellen oder mit der Vibrationsstopftechnik ist hochsignifikant besser als die Anwendung dieser beiden Stopfmethoden auf Standalloy F und Luxalloy-non-gamma-2.
2. Die Kondensation der Amalgame Standalloy F und Luxalloy-non-gamma-2 mit den maschinellen Instrumenten ergibt keinen signifikanten Unterschied zur manuellen Kondensation dieser Werkstoffe. Zu erwähnen ist jedoch die Piezomatic p2, die mit diesen Amalgamen Mittelwerte erzielte, die ca. um 23% unter denen der Handkondensation liegen.
3. Durch die Verwendung verschiedener Amalgame wurden die Druckfestigkeitswerte der Cavitron- oder der Piezomatic-kondensierten Prüfkörper weder signifikant verbessert noch signifikant verschlechtert.
4. Bei der Kondensation von Amalcap-non-gamma-2 und von Dispersalloy ergab die Piezomatic hochsignifikant schlechtere Ergebnisse sowohl im Vergleich zu allen anderen Stopfgeräten, als auch zur Handkondensation.

5. Die mit dem Cavitron 600 hergestellten Amalcap-Prüfkörper sind den manuell, den mit dem Amalgamvibrator und den mit der Speedomatic kondensierten hochsignifikant unterlegen.
6. Bei keiner Amalgamsorte konnte durch eine maschinelle Kondensation das Ergebnis der Handkondensation signifikant verbessert werden.

Soll die Standardabweichung als ein Maß für die schwankende Qualität zwischen den einzelnen Prüfkörpern einer Stopfreihe gewertet werden, so läßt sich als Tendenz angeben, daß das Standalloy F die geringste und die gleichbleibenste Streuung aufweist.
Die Ultraschallkondensation mit der Piezomatic p2 hat die höchste Streuung.

3.2.4. Zur Handhabung der Stopfgeräte

Zur Handhabung der verwendeten Kondensationshilfsmittel sei noch Folgendes bemerkt:
Handstopfer: Wie bereits gesagt, sollte der Stopfdruck bei 10 N/F bis 50 N/F (F = Arbeitsfläche des Stopfers) liegen (20,31,39). Um das Unterschreiten dieser geforderten Werte zu verhindern, konnten deshalb wegen der Ermüdung der menschlichen Hand an einem Tag nur wenige Prüfkörper gestopft werden.

Intra-Amalgamvibrator 66F: Hier fällt auf, daß der Arbeitseinsatz durch die Metallspange nicht zuverlässig fixiert ist und sich so während des Stopfvorganges des öfteren löst und herausfällt.

Speedomatic: Ausschließlich an diesem Gerät fiel nichts Unangenehmes auf.

Ultraschallgeräte Cavitron 600 und Piezomatic p2: Bei beiden Geräten störte ein unangenehm hoher Pfeifton, der während des Betriebes zu hören ist.

3.2.4. Graphische Darstellung

In den folgenden Diagrammen 1 bis 6 werden jeweils die vier Amalgamsorten in Abhängigkeit von der Kondensationsmethode miteinander verglichen.
Hierbei entsprechen:

Standalloy F	St.F	
Amalcap-non-gamma-2	A.n-2	
Luxalloy-non-gamma-2	L.n-2	
Dispersalloy	Dis.	

In den darauffolgenden Diagrammen 7 bis 10 werden jeweils die sechs Kondensationsmethoden in Abhängigkeit von der Amalgamsorte miteinander verglichen.
Hierbei entsprechen:

Handkondensation	H.k.	
Amalgamvibrator 66F	A.66F	
Handkondensation & Amalgamvibrator 66F	H.&A.	
Speedomatic	S.m.	
Cavitron 600	C.600	
Piezomatic p2	P.p2	

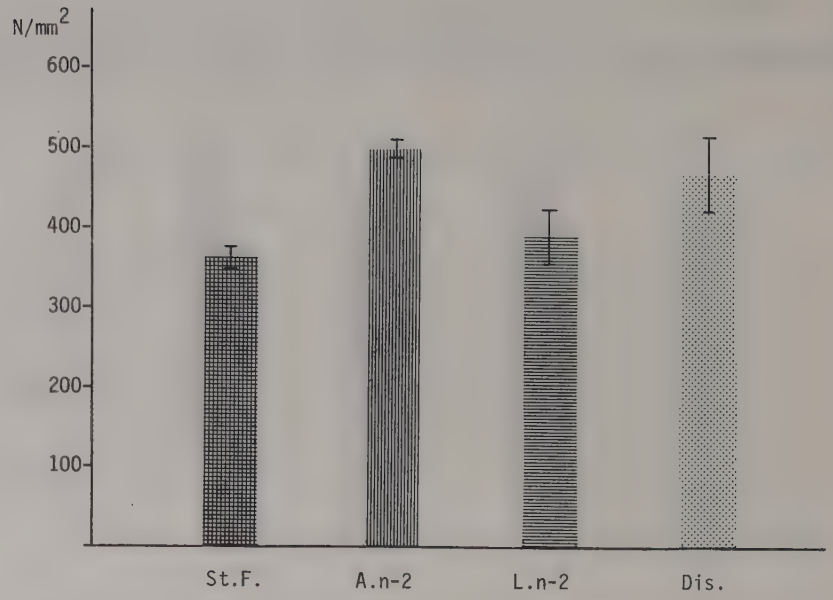


Diagramm 1: Handkondensation, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

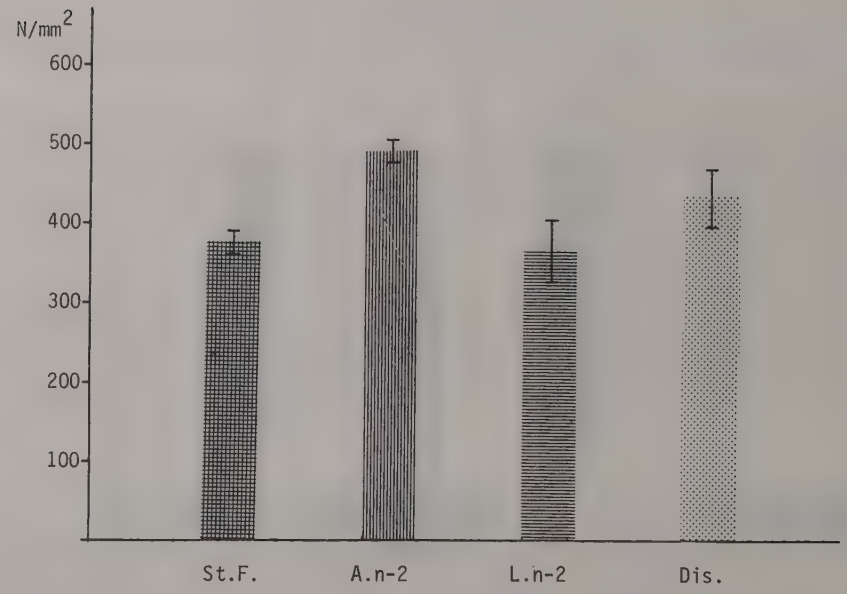


Diagramm 2: Intra-Amalgamvibrator, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

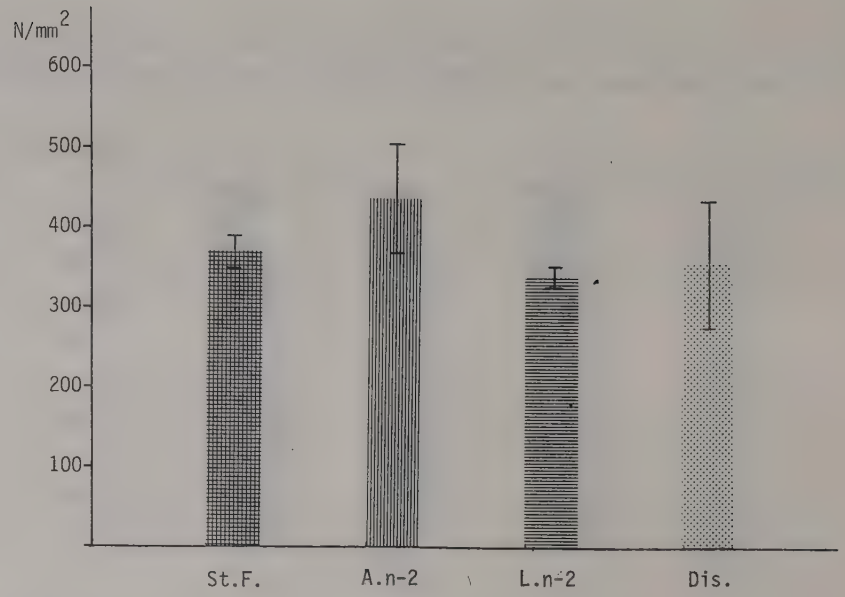


Diagramm 3: Kombination Handkondensation & Amalgamvibrator 66F, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

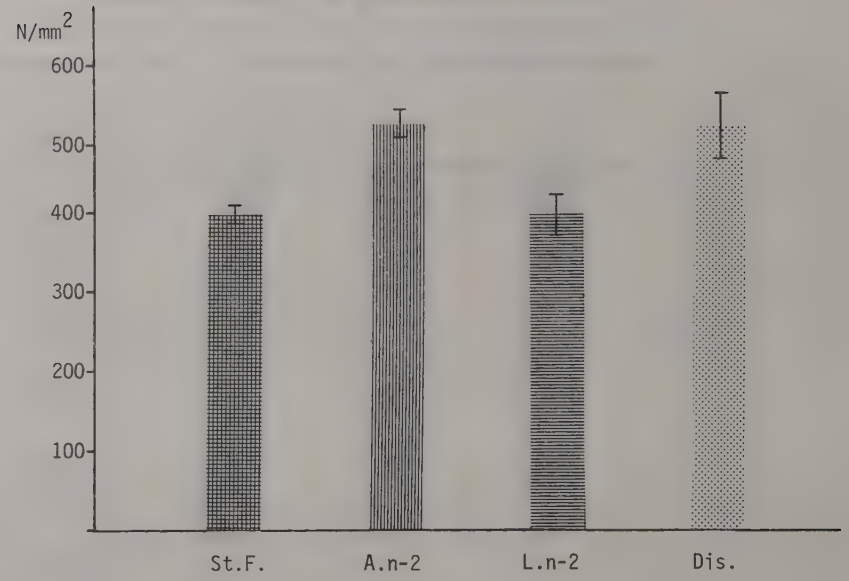


Diagramm 4: Speedomatic, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

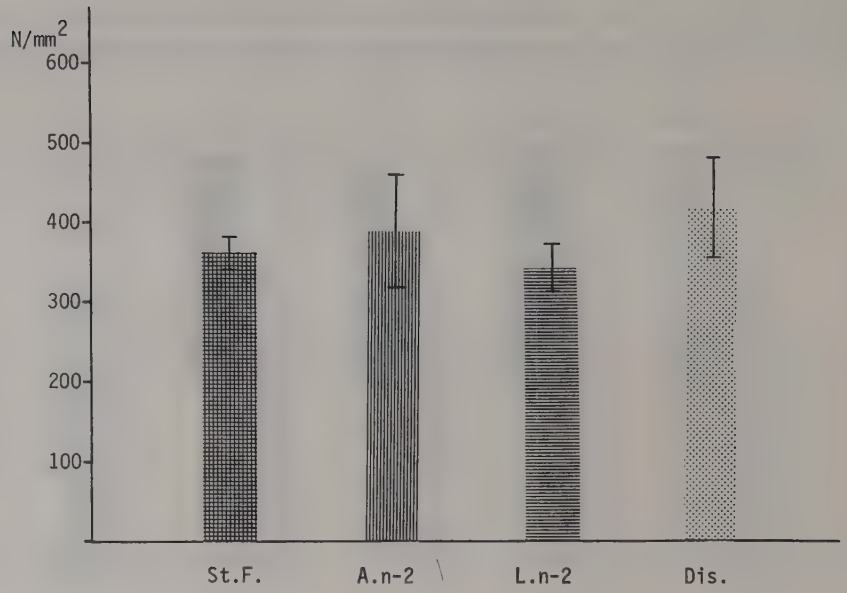


Diagramm 5: Cavitron 600, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

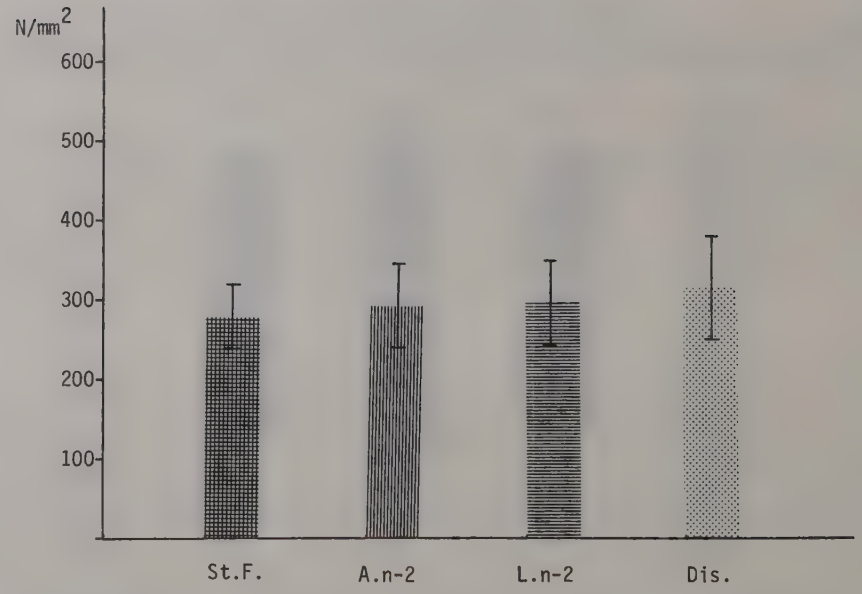


Diagramm 6: Piezomatic p2, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

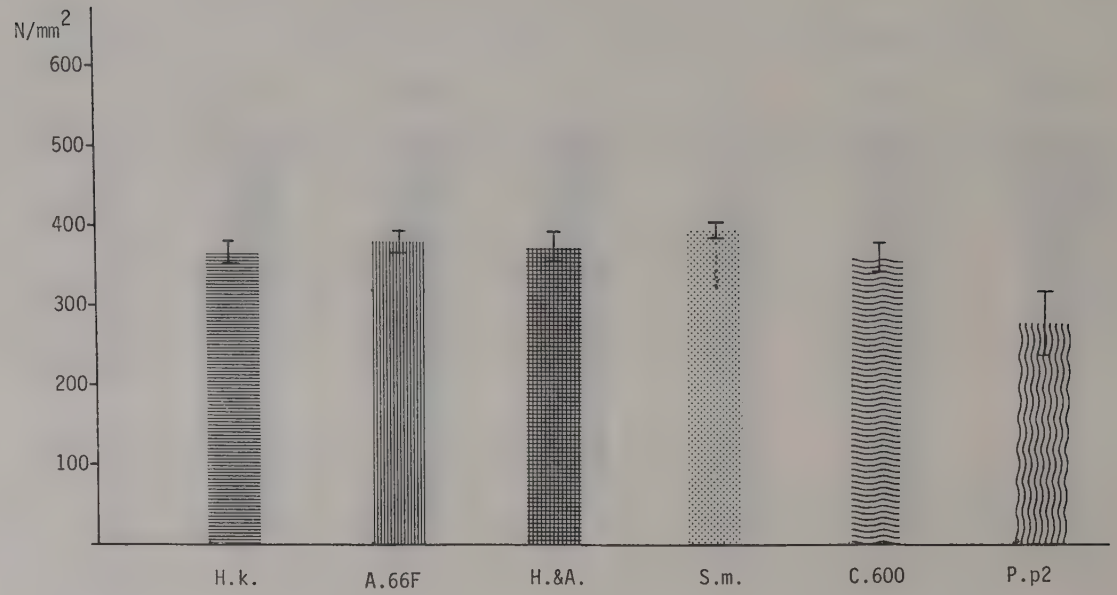


Diagramm 7: Standalloy F, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

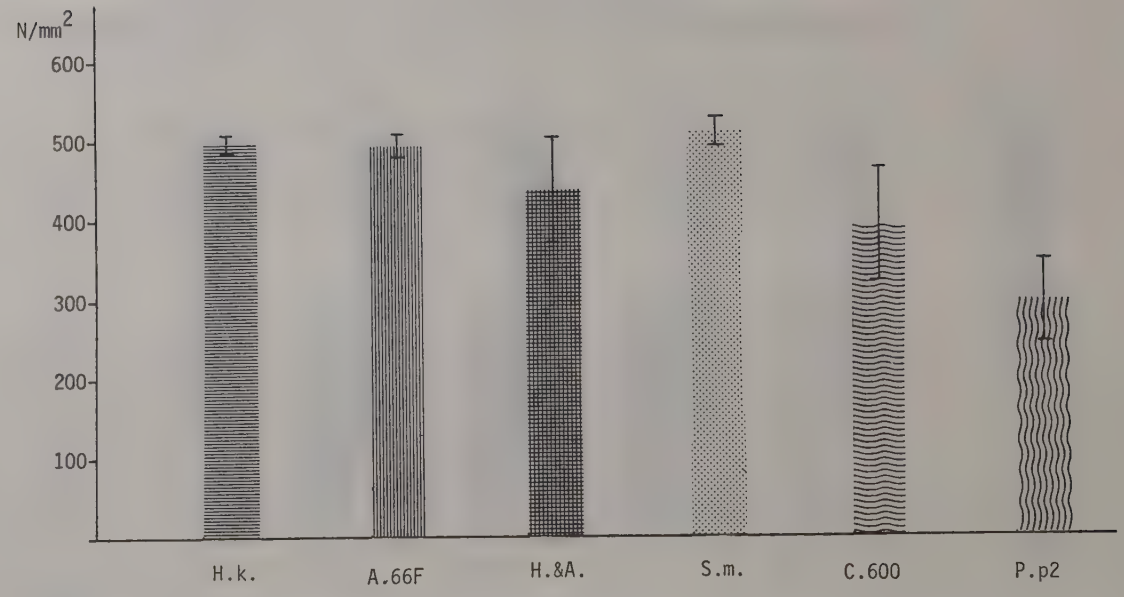


Diagramm 8: Amalcap-non-gamma-2, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörper.

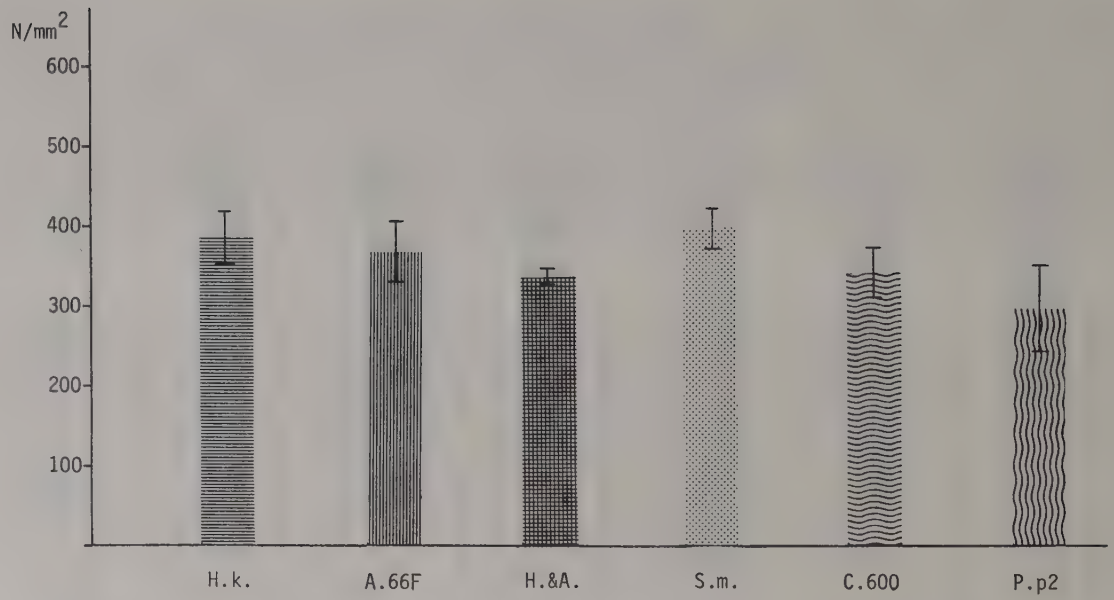


Diagramm 9: Luxalloy-non-gamma-2, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

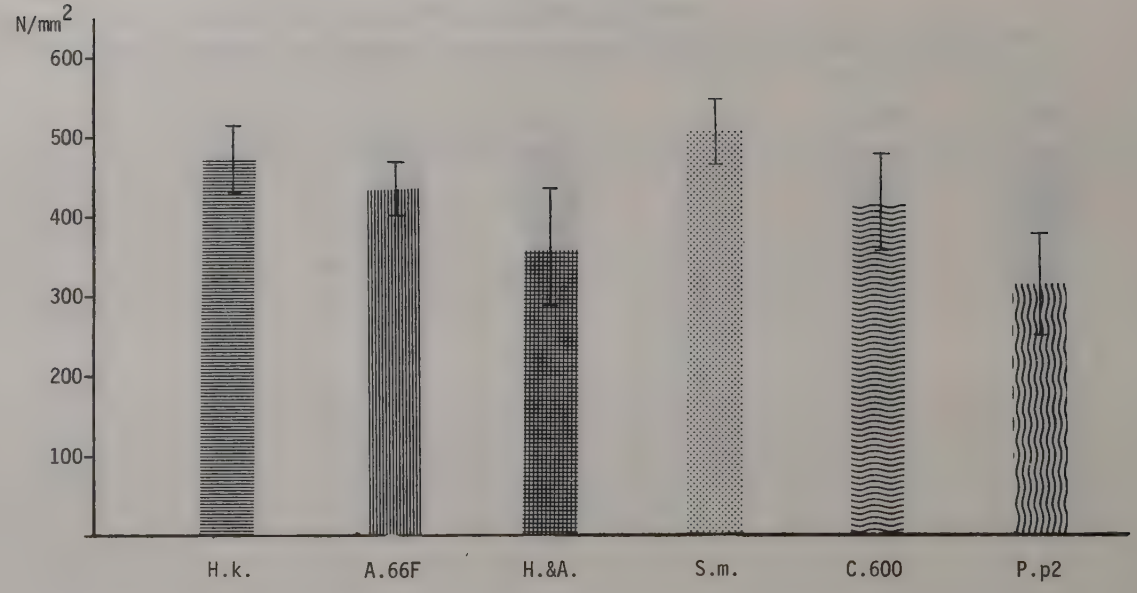


Diagramm 10: Dispersalloy, mittlere Druckfestigkeit $\bar{x}$ mit Standardabweichung s_{n-1}, gemessen an sieben Tage alten Normprüfkörpern.

4. DISCUSSION DER ERGEBNISSE

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung zu urteilen, läßt sich die D r u c k f e s t i g k e i t von Amalgamfüllungen mittels maschineller Stopfmethoden gegenüber den handkondensierten nicht signifikant verbessern. Zum Teil sind jedoch gleichwertige Ergebnisse feststellbar, wobei zwischen den einzelnen mechanischen Geräten unterschieden werden muß.

1. Pneumatische und vibrierende Stopfer - hier die Speedomatic und der Intra-Amalgamvibrator 66F - arbeiten in vertikaler Richtung und erst ab einem bestimmten Belastungsdruck. Diese Arbeitsweise ist an die manuelle Kondensation angelehnt und gleicht den geringeren Druck eines jeden Impulses mit einer erhöhten Frequenz aus.

   Die Mittelwerte der Speedomatic liegen etwas höher und die des Amalgamvibrators etwas tiefer als die mittlere Druckfestigkeit der Handkondensation. Da die Unterschiede jedoch nicht signifikant sind, kann man sagen, daß diese beiden Methoden der Handkondensation gleichwertige Druckfestigkeitswerte erzeugen und sie also zu ersetzen vermögen.

2. Auch das Ultraschallgerät Cavitron 600 ersetzt den hohen Stopfdruck durch eine erhöhte Frequenz. Dennoch ist hier die erzielte mittlere Druckfestigkeit mit 88% des Mittelwertes der Handkondensation dieser hochsignifikant unterlegen.

   Die Erklärung dafür, daß das Cavitron 600 auch gegen die Speedomatic und den Amalgamvibrator eine hochsignifikante Verminderung der Druckfestigkeit aufweist, ist der Unterschied der Frequenzen. Die Cavitron-Frequenz von 25000 Hz bedeutet im Gegensatz zu maximal 280 - 300 Hz der Speedomatic und des Vibrators eine sehr kurze Einwirkungsdauer jedes einzelnen Kondensationsimpulses. Hieraus resultiert eine Eindringtiefe, die nicht bis in die unterste Schicht der Amalgamportion reicht.

3. Das hochsignifikant schlechtere Abschneiden der Piezomatic p2 gegenüber den übrigen Stopftechniken muß mit dem Konzept der horizontalen Schwingrichtung erklärt werden.

Da die Kondensationsimpulse nicht vertikal, sondern horizontal auf das Amalgam erfolgen, kann der Kondensierungsprozeß, wie er in der Literatur beschrieben wird, nicht stattfinden (11,31). Es soll eine Verdichtung der Alloypartikel in einer ersten Phase und eine Verformung mit dem Ziel der weiteren Verdichtung in der zweiten Phase erreicht werden.

Die Druckfestigkeitswerte in der Piezomatic-Meßreihe liegen z.T. gerade über oder z.T. sogar gerade unter der geforderten Druckfestigkeit von 300 N/mm^2; diese Werte entsprechen 68% der Handkondensationsmittelwerte. Dadurch ist mit Füllungen zu rechnen, die unter starker Kaubelastung zu Defekten in Form von Kantenabsprengungen oder Istmusbrüchen neigen.

Zum M i s c h u n g s v e r h ä l t n i s Feilung : Hg ergeben die Versuchsreihen Folgendes:
Amalcap-non-gamma-2 und Luxalloy-non-gamma-2 sind, wie bereits erwähnt, dieselben Materialien. Das Kapselamalgam Amalcap wurde jedoch nach der Trituration in einem Leinenläppchen ausgepreßt und war somit trockener. Dadurch ergab es sowohl für die Hand-, als auch für die maschinelle Kondensation die besseren Druckfestigkeitswerte.

Auch Dispersalloy ist in einem trockeneren Anmischverhältnis von 1 : 1 im Gegensatz zu 1 : 1,2 beim Luxalloy trituriert worden und führte ebenfalls zu hochsignifikant besseren Druckfestigkeiten.

Auf Grund der hier vorliegenden Untersuchungen muß deshalb für die maschinelle Kondensation eine trockenere Amalgamanmischung empfohlen werden.

Die besseren Ergebnisse der trockeneren Anreibungen sind mit der dichteren Packung der Feilungspartikel und den kleineren mit Quecksilber gefüllten Hohlräumen zu erklären. Dieses Ergebnis stimmt der Literatur überein, die eine steigende Bruchfestigkeit des Amalgams bei einer Herabsetzung des Quecksilbergehaltes angibt (11,35).

Standalloy F als konventionelles Amalgam ist den non-gamma-2-Amalgamem deutlich unterlegen. Dies deckt sich mit den Untersuchungen von KROPP u.a. (6,7,9,27,63), in denen ein gamma-2-freies Amalgam eine geringere Zahl an Kantenbrüchen aufwies als ein konventionelles.

Ein Erklärung hierfür könnte die Tatsache sein, daß den non-gamma-2-Alloys die Silber-Kupfer-Partikel in kleiner Kugelform zugesetzt werden, und diese durch ihre Form der Kondensation weniger Widerstand entgegensetzen. Aus diesem Grund ist die Druckfestigkeit dieser Amalgame von Variationen in der Anmischzeit und dem Kondensierungsdruck weniger beeinflußt (11).

Während der Herstellung der Versuchskörper wurden die benötigten Z e i t e n zwischen den einzelnen Methoden verglichen. Es ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede, wenn man davon absieht, daß das Abpressen von Quecksilber bei der Verwendung von Amalcap-non-gamma-2 einen geringen zeitlichen Mehraufwand bedeutete.

Die Kombination von Hand- und Vibrationsmethode erforderte natürlich mehr Zeit als der Einsatz von nur einem Hilfsmittel zur Kondensation. So ist diese kombinierte Methode nicht zu empfehlen,da sie zudem hochsignifikant schlechtere Ergebnisse gegenüber jenen der reinen Hand- oder der reinen Vibrationskondensation aufweist. Die Verschlechterung der Druckfestigkeit nach einer solchen Kombinationskondensation läßt sich vielleicht dadurch erklären, daß das durch den manuellen Stopfdruck entstandene Gefüge der Alloypartikel von der darauffolgenden Vibration wieder "aufgelockert" wird.

Zur H a n d h a b u n g der verwendeten Materialien und und Kondensationshilfsmittel ist anzumerken:
Die Verwendung von vordosiertem Kapselamalgam ist im Grunde ebenso angenehm wie die Verwendung von Amalgamen, die im Dentomaten portioniert werden. Auffallend war jedoch, daß das angemischte Kapselamalgam nicht immer denselben Feuchtigkeitsgrad hatte, was sich aber letztlich nicht auf unsere Ergebnisse auswirkte, da das Kapselamalgam Amalcap-non-gamma-2 vor der Kondensation stets mit einer Flachzange in einem Leinenläppchen ausgepreßt wurde.

Durch die Art der Fixierung seiner Stopfeinsätze kann die Verwendung des Intra-Amalgamvibrators direkt gefährlich werden. Während des Stopfvorganges ist es nämlich durchaus möglich, daß auf Grund der Vibrationen die der Fixierung dienende Metallspange nach hinten rutscht und den Stopfeinsatz dabei freigibt. Fällt in der Mundhöhle ein Einsatz auf diese Weise heraus, so besteht die Gefahr , daß er

verschluckt oder aspiriert wird.

Der unangenehm hohe Pfeifton, der bei der Kondensation mit den beiden Ultraschall-Geräten Cavitron 600 und Piezomatic p2 auftritt, wurde bereits auf S.35 erwähnt.

Weitere Auffälligkeiten konnten nicht festgestellt werden.

Hinsichtlich der verzeichneten S t r e u w e r t e ist darauf hinzuweisen, daß unseren Untersuchungen Praxisbedingungen zugrunde gelegt wurden, d.h., abweichend von der DIN 13904 wurde nicht die Größe eines jeden einzelnen Stopfimpulses gemessen. Obwohl nun gerade dadurch anzunehmen wäre, daß die manuelle Kondensation im Vergleich den größten Schwankungen in den Druckfestigkeitsergebnissen unterworfen sei, erweist sich das Gegenteil als richtig: Sie zeigte bei der Auswertung die geringste Streuung.

Zusammenfassend läßt sich schon hier feststellen, daß - obgleich noch andere Parameter zur Beurteilung der Kondensationsmethode und der hieraus resultierenden Qualität einer Amalgamfüllung herangezogen werden könnten - dieser Füllungswerkstoff Amalgam für das Seitenzahngebiet nach wie vor auch im Vergleich zu den immer häufiger verwendeten Compositmaterialien das Mittel der Wahl ist (13,38,47, 53,54,59).

5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit sollte an Hand von Druckfestigkeitsprüfungen geklärt werden, ob die manuelle Kondensation von Amalgamfüllungen durch eine maschinelle verbessert oder ersetzt werden kann. Hierzu wurden die derzeit gebräuchlichsten Materialien und Methoden herangezogen. Folgende Amalgamsorten wurden verwendet:

1. Standalloy F - als ein konventionelles Amalgam, trocken Feilung : Hg wie 1 : 0,9 angemischt.
2. Amalcap-non-gamma-2 - ein gamma-2-freies Kapselamalgam, vor der Kondensation ausgepreßt.
3. Luxalloy-non-gamma-2 - dieselbe Feilung wie Amalcap-non-gamma-2, jedoch feuchter, da 1 : 1,2 angemischt.
4. Dispersalloy - ebenfalls ein gamma-2-freies Amalgam, 1 : 1 angemischt.

Hiervon wurden jeweils zehn Prüfkörper sowohl von Hand als auch mit folgenden maschinellen Hilfsmitteln gestopft:

1. Intra-Amalgamvibrator 66F - vibrierende Kondensation.
2. Speedomatic - pneumatische Kondensation.
3. Cavitron 600 - Ultraschallkondensation.
4. Piezomatic p2 - Ultraschallkondensation.

Nach sieben Tagen Lagerung bei 37°C wurde die Druckfestigkeit gemessen. Zur Auswertung der Meßergebnisse wurde eine zweifache Varianzanalyse durchgeführt. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Handkondensation, dem Amalgamvibrator und der Speedomatic. Die Ultraschallgeräte zeigten hochsignifikant schlechtere Ergebnisse als die anderen Stopftechniken.

Standalloy F und das sehr feucht verarbeitete Luxalloy hatten hochsignifikant schlechtere Ergebnisse als das ausgepreßte Amalcap und das trockener angemischte Dispersalloy.

Somit ist zur maschinellen Amalgamkondensation grundsätzlich ein trocken angemischtes, gamma-2 freies Amalgam zu empfehlen. Wird auf diese Amalgame der Amalgamvibrator oder die Speedomatic angewendet, so ist mit Füllungen zu rechnen, deren Druckfestigkeit im Bereich von manuell kondensierten liegt.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ANDERSON, J.N. — Applied Dental Materials
Blackwell Scientific Publications
Oxford, London 1976, S.329

2. BARKER, R.M. und WILSON, H.J. — Mechanical Amalgam Packers
Brit. dent. J. 130, 147 (1971)

3. BERGENDAL, G. — Amalgamvibrator nach Bergendal
Quintessenz zahnärztl. Lit. 10, Referat 1175 (1959)

4. CASTAGNOLA, L. und WIRZ, J. — Plastische Füllungsmaterialien - ihr Verbrauch durch den schweizer Zahnarzt.
Schw. Mschr. Zahnheilk. 90, 431 (1980)

5. CHRIST, M.-K. — Über die Auswirkung verschiedener Stopfdrucke und Stopftechniken auf die Druckfestigkeit, den Quecksilbergehalt und die Porosität von Amalgamen, unter besonderer Berücksichtigung eines neuen Kugelamalgams.
Med. Diss. Tübingen 1971

6. DERMANN, K. — Abbindeexpansion, Flow, Creep, Härteanstieg und Druckfestigkeit von Silberamalgamen mit hohem Kupfergehalt.
Dtsch. zahnärztl. Z. 33, 129 (1978)

7. DERMANN, K. — Entwicklungstendenzen bei Dentalamalgamen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 395 (1979)

8. DIETZ, G. und GEROLD, J. — Zur plastischen Füllung der Sechsjahrmolaren von 550 sieben- bis zehnjährigen Kindern aus der Münchner Region.
Dtsch. zahnärztl. Z. 35, 1065 (1980)

9. DOGLIA, R.; HERR, P.; HOLZ, J. und BAUME, L.-J. — Contrôle du comportement clinique de 4 amalgames à l'aide de méthodes macrophotographiques et microphotographiques normalisées.
Schw. Mschr. Zahnheilk. 91, 329 (1981)

10. DOLDER, E. — Das Silberamalgam und die Probleme der Materialprüfung.
Schw. Mschr. Zahnheilk. 73, 153 (1961)

11. DREYER-JØRGENSEN, K. — Amalgame in der Zahnheilkunde
Hanser, München 1977

12. DREYER-JØRGENSEN, K.; ESBENSEN, A.L. und BORRING-MÖLLER, G. — The effect of porosity and mercury content upon the strength of silver amalgam.
Acta odont. scand. 24, 535 (1966)

13. EICHNER, K. — Konservierende und prothetische Wiederherstellungsverfahren im Gebiß alter Menschen.
Zahnärztl. Welt 88, 57 (1979)

14.FISCHER, C.-H. und LEHWALD, H.
Neuartige Untersuchungen über die Dimensionsänderungen der Amalgame während der Erhärtung I und II.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 20, 463 (1954)

15.FISCHER, C.-H. und MERTENSMEIER, L.
Vergleichende klinische und experimentelle Untersuchungen an verschiedenen handelsüblichen Amalgamen.
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilk. 26, 205 (1957)

16.FRICKER, G.
Die mechanische Triturationsmethode und ihr Einfluß auf die Druckfestigkeit verschiedener Silberamalgame.
Med. Diss. Tübingen 1971

17.GRANATH, L.-E. und NYQUIST, G.
The effect of ultrasonic condensation on dental silver amalgam.
Acta odont. scand. 22, 193 (1964)

18.HAGEDORN
Untersuchungen über das Dimensionsverhalten von Silberamalgamen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 6, 198 (1956)

19.HEYDEN, P.
Untersuchungen an maschinell- und handgestopften Amalgamen.
Öster. Z. Stomat. 55, 225 (1958)

20.HELBIG, K.
Über die Kondensation von Amalgamen durch Vibration mit dem Amalgamvibrator nach Bergendal.
Zahnärztl. Welt 69, 283 (1960)

21.HOLLENBACK, G.M.
The condensation of amalgam.
J. Amer. dent. Ass. 56, 807 (1958)

22.HUBER, H.
Auswirkungen der Anmischdauer und des Stopfdruckes auf die Belastungsfähigkeit von Amalgamen.
Med. Diss. Bonn 1964

23.Mc. HUGH, W.D.
Experiments on the hardness and adaptions of dental amalgams as affected by various condensation technique.
Brit. dent. J. 99, 44 (1955)

24.KETTERL, W.
Die Amalgamfüllung, in: Karies und Füllungsmethoden, Schug-Kösters, Ketterl u.a.
Banaschewsky, München-Gräfelfing, 1964

25.KIRSCH, A. und
Festigkeitsprüfung, in: Handbuch der Werkstoffprüfung, Siebel. Band 2
Springer, Berlin, 1955

26.KROPP, R.
Gamma-2-freies Amalgam - ein neuer Werkstoff für die Zahnheilkunde.
Zahnärztl. Welt 85, 23 (1976)

27. KROPP, R. — Amalgam heute
Degussa Brief 45 (1979)

28. LACROIX, R. — Grundsätzliches über die optimale Anwendung von Dentalamalgamen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 2, 749 (1954)

29. LUTZ, E. und — Verschleißfeste MOD-Composite-Füllungen durch Einpolimerisation von zentrischen Stops aus Keramik; Vier-Jahres-Resultat.
Schw. Mschr. Zahnheilk. 88, 740 (1978)

30. MARKLEY, M.R. — Restoration of silver amalgam.
J. Amer. dent. Ass. 43, 133 (1951)

31. MAYER, R. — Zahnärztliche Zubereitung und Verarbeitung von Amalgam, in: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung, K.Eichner.
Band 2: Werkstoffe unter klinischen Aspekten.
Hüthig, Heidelberg, 1981 S.113 - 123

32. MÖRMANN, W. — Kondensationsergebnisse bei Verarbeitung von Standalloy und Kugelamalgamen mittels Hand- und Maschinentechnik.
Med. Diss. Heidelberg 1969

33. MOUNT, G.J. und MAKINSON, O.F. — The condensation of amalgam by a group of general practitioners.
Austr. dent. J. 17, 222 (1972)

34. De MUL, E.F.J. — Ein automatisches Mehrfunktionsinstrument für die Amalgamfüllung.
Quintess. zahnärztl. Lit. 27, Ref.5399 (1976)

35. PILZ, W.; PLATHNER, C.H. und TAATZ, H. — Grundlagen der Kariologie und Endodontie.
Hanser, München, 1980 S.398

36. PHILLIPS, R.W. — Physical properties of amalgam as influenced by the mechanical amalgamator and pneumatic condenser.
J. Amer. dent. Ass. 31, 1308 (1944)

37. PHILLIPS, R.W. und BOYD, D.A. — Importance of mercury-alloy ratio to the amalgam filling.
J. Amer. dent. Ass. 34, 451 (1947)

38. POTHMANN, C. und FRIESE — Über die Amalgamoberflächenporosität bei unterschiedlichem Kondensationsverfahren.
Zahnärztl. Welt 84, 19 (1975)

39. REBEL, H.-H. — Konservierende Zahnheilkunde
Hanser, München, 1950 S.138

40.REICHERT, R. Untersuchungen über die Anwendbarkeit von Ultraschall zur Kondensierung von Amalgam. Med. Diss. Gießen 1975

41.RIETHE, P. Die Verarbeitung der plastischen Füllungsmaterialien, in: Praxis der Zahnheilkunde. Urban u. Schwarzenberg, München, 1968

42.RIETHE, P. Die Quintessenz der Amalgamanwendung Die Quintessenz, Berlin, 1971

43.RIETHE, P. und CHRIST, M.-K. Über die Auswirkung verschiedener Stopfdrucke und Stopftechniken auf die Druckfestigkeit, den Quecksilbergehalt und die Porosität von Amalgamprüfkörpern. Dtsch. zahnärztl. Z. 27, 725 (1972)

44.ROST, A. Vergleichende experimentelle Untersuchungen an ultraschall- und handkondensierten Amalgamfüllungen. Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 486 (1967)

45.ROULET, J.-F.; METTLER, P. und FRIEDRICH, U. Ein klinischer Vergleich dreier Komposits mit Amalgam für Klasse-II-Füllungen unter besonderer Berücksichtigung der Abrasion. Schw. Mschr. Zahnheilk. 90, 18 (1980)

46.RYGE, G.;SMITH ,D.L.; DICKSON, G. und SCHOONOVER, I.C. Dental amalgam: The effect of mechanical condensation on some physical properties. J. Amer. dent. Ass. 45, 269 (1952)

47.SAUERWEIN, E. Zahnerhaltungskunde Thieme, Stuttgart, 1976, S.76

48.SCHLAGINHAUF, E. Die neuen, gamma-2-freien Amalgame. Das zahnäztl. Mitteilungsblatt für den Praktiker. Sonderbeilage 2, 1980

49.SCHMALZ, G. und EURICH, K. Biologische und physikalische Darsellung eines gamma-2-freien Amalgams. Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 880 (1979)

50.SCHOCH, P. und LOEBICH, O. Die Porosität unserer Amalgamfüllungen. Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 785 (1955)

51.SKINNER, E.W.; MARVIS und THIBAULT Etude compérative entre la condensation mécânique par vibration et la condensation manuelle de l´amalgam. Referat Eisenlohr. Dtsch. zahnärztl. Z. 10, 11 (1955)

52.SKINNER, E.W. und MIZERA, G.T. Condensation of amalgam with ultrasonic vibration. J. prosth. Dent. 8, 183 (1958)

53.SOLTESZ, U.; KLAIBER, B.; PERGANDE, CH. und RICHTER, H.
Vergleichende Untersuchungen über das Abrasionsverhalten von Composite-Füllungsmaterialien. Dtsch. zahnärztl. Z. 34, 406 (1979)

54.SOLTESZ, U.; KLAIBER, B. und GREINER, B.
Abrieb von Füllungsmaterialien durch Nahrung. Dtsch. zahnärztl. Z. 36, 648 (1981)

55.SPANHAUF, A.J.; VRIJHOEF, M.M.A. und GRAAF, R.D.
The Influence of the dentist upon dimensional change and creep of amalgam. Austr. dent. J. 22, 351 (1977)

56.STEINER, K.
Kondensationsergebnisse bei manueller, maschineller und Ultraschall-Stopftechnik. Med. Diss. Heidelberg 1968

57.SWEENEY, J.T.
Amalgam manipulation: manual and mechanical aids. Part II. J. Amer. dent. Ass. 27, 1940 (1940)

58.TAYLOR, N.O.; SWEENEY , J.T.; MAHLER, D.B. und DINGER, E.J.
Effect of variable factors on crushing strength of dnetal amalgams. J. dent. Res. 28, 228 (1949)

59.VENZ, S.
Untersuchungen des Zusammenhanges zwischen Biegefestigkeit, Steifigkeit, Biegemodul, Füllstoffgehalt und Bruchflächenstruktur an sieben Füllungskunststoffen. Zahnärztl. Welt 88, 601 (1979)

60.VIOHL, J.
Klinische Bedeutung der Biegeeigenschaften bei Füllungswerkstoffen. Zahnärztl. Welt 89, 45 (1980)

61.WANN, W.L.
Amalgam restoration at the minumum mercury content. J. Amer. dent. Ass. 73,1, 1321 (1956)

62.WÖLFFLING, CH.
Über den Einfluß des Stopfdruckes, der Stopftechnik und des Instrumentariums auf den Randschluß der Amalgamfüllung. Med. Diss. Mainz 1961

63.WIRZ, J.; MAZENAUER, B. und CASTAGNOLA, L.
Gamma-2-freie Amalgame: Einfluß der Verarbeitungstechnik (Trituration) auf die physikalischen Testwerte. Schw. Mschr. Zahnheilk. 88, 403 (1978)

Zum Schluß der Arbeit bedanke ich mich herzlich bei Herrn Professor Dr. R. Mayer für die Oberlassung des Themas, die jederzeit gewährte Unterstützung, die Korrektur des Manuskriptes sowie für die Berichterstattung.

Herrn Dr. R. Kropp sei gedankt, daß die Untersuchungen dieser Arbeit in dem Labor der Firma Degussa (Pforzheim) durchgeführt werden konnten.

LEBENSLAUF

Am 13. Oktober 1957	wurde ich, Rosa Christine Baron als erste Tochter des Forstrates Christoph Unterdörfer und seiner Frau Arnhild, geb. Eck in Sigmaringen geboren.
Von 1964 bis 1966	besuchte ich die Volksschule in Inzigkofen,
von 1966 bis 1967	die Volksschule in Sigmaringen,
von 1967 bis 1969	die Liebfrauenschule in Sigmaringen und
von 1969 bis 1976	das Hohenzollern-Gymnasium in Sigmaringen, das ich mit dem Abitur verließ.
Im WS 1976/77	begann ich in Tübingen das Studium der Zahnheilkunde.
Am 5. Oktober 1977	bestand ich die naturwissentschaftliche Vorprüfung und
am 3. April 1979	die zahnärztliche Vorprüfung.
Am 16. Dezember 1981	legte ich das zahnärztliche Staatsexamen ab.
Seit März 1982	bin ich als Assistenzzahnärztin in Bodelshausen tätig.

Seit dem 30. April 1982 bin ich mit Franz Baron verheiratet.